

Medikal Uygulamalarda Telsiz İletişim Teknolojilerinin Kullanımı

*NIHAT KABAĞLU*¹

¹ İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
nihat.kabaoglu@medeniyet.edu.tr

Özet: Yeni nesil telsiz iletişim ağları, baştanbaşa paket anahtarlama bir ağ üzerinde, mümkün olduğunca küçük coğrafik alanlara hizmet veren küçük hücrelerden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemle bağlantı sağlayabilecek donanımı olan her bir nesne bu ağ üzerinde varolabileceği için, telsiz iletişim teknolojisi kendisine her geçen gün artan yeni uygulama alanları bulmaktadır. Günümüzde, askeri, sanayi, sağlık, eğlence, vb. gibi bir çok alanda hayat değiştiren uygulamalar görmek mümkündür. Bu çalışma, telsiz iletişim teknolojilerinin medikal uygulamadaki kullanımı hakkında bilgilendirme sağlama ve bu tür uygulamalarda da kullanılacak küçük hücre oluşumlu bir ağ yapısı önerme amacı taşımaktadır.

Anahtar Sözcükler: Telsiz iletişim ağları, biyomedikal, medikal bilişim, biyoteleometri

1. Giriş

Elektronik sektöründeki hızlı gelişmeler sayesinde, görüntüleme cihazlarıyla medikal alanda belirgin bir şekilde boy göstermeye başlayan elektronik uygulamalar, telsiz iletişim sistemlerindeki gelişmelerle birlikte son yirmi yıl içerisinde bu sektörde önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır [1,2]. Bu anlamdaki uygulamalar, 1969 yılında NASA'nın Ay'a gönderdiği uzay aracındaki mürettebatın bir takım fizyolojik verilerini yer istasyonuna uydu aracılığıyla iletilmesiyle başlamıştır [3].

Daha çok medikal bilişim uygulaması olarak nitelenebilecek bu ilk girişim ve gelişmiş benzer uygulamalar, günümüzde biyoteleometri ismiyle anılmaktadır. Biyoteleometri sözcüğü, bir canlının fizyolojik ve/veya biyolojik parametrelerinin ölçülüp, değerlendirilmesi için uzaktaki bir başka noktaya doğruluğu korunarak iletilmesini ifade eder. Amaç, canlıların günlük yaşamlarını sürdürmelerine engel olmadan biyolojik ve fizyolojik verileri alıp bunların işlenip değerlendirileceği hedefe aktarılmasıdır. Biyotelemetride, iletişim için radyo dalgaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektronik devre ve kablosuz iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler çeşitli yeteneklere sahip algılayıcı düğümlerinin gelişimini tetiklemiştir. Temel ögesi algılayıcılar olan bu düğümler veri algılama, ölçme, depolama, işleme ve iletilme kapasitesine sahip oldukları için Telsiz Algılayıcı Ağlar (TAA), askeri, sanayi, eğlence ve sağlık gibi birçok alanda kendisine uygulamalar bulmuştur [3]. Özellikle, Birleşmiş Milletler'in dünya nüfusunun yaşlandığını bildiren bulguları [4] ve Birleşik Devletler Ulusal Enstitüsü'nün gelişmekte olan ülkelerde bulaşıcı olmayan kronik hastalıkların yaygın olarak görülmeye başladığını ve bunun ekonomik büyümeyi etkileyeceğini bildiren raporları

[5], sağlık hizmetlerinin ekonomik maliyetini azaltmak amacıyla yeni çalışmalar yapılmasına kapı aralamıştır. TAA fizyolojik ve biyolojik verilerin uzaktan ölçümü, tıbbi veriler arama amaçlı klinik çalışmalar yürütme ve acil durum müdahale ve yönlendirmeleri gibi medikal uygulamalara ve kolaylıklara imkân vermiştir [6]. Diğer yandan, optoelektronik alanında sağlanan teknolojik gelişmelerin optik iletişime ilgiyi arttırmasıyla birlikte, biyoelektrik sinyallerin daha hızlı ve girişim sorunu yaşanmadan iletilmesi için optik biyoteleometri kullanılmaya başlanmıştır [7-10]. Ancak, optik iletişim bir kısa mesafe iletişimi olduğundan, uzun mesafeli uygulamalar için optik biyoteleometri yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, günümüz koşullarında iletilmek istenen veri boyutları düşünüldüğünde de, optik biyotelemetrinin yetersiz kalacağı açıktır. Oysa yapılacak çeşitli düzenlemelerle, günümüz telsiz iletişim ağlarının biyotelemetride kullanılması yukarıda değinilen mesafe ve kapasite sorunlarını çözebilecek niteliktedir.

Bu çalışmada, TAA'nın medikal uygulamaları ele alınmış ve mevcut telsiz iletişim ağını kullanan çok küçük hücrelerden oluşan bir ağ yapısının biyoteleometri amaçlı kullanımı üzerine bir öneride bulunulmuştur. Burada çok küçük hücre ile lisanslı bantta çalışan baz istasyonu özelliklerine sahip aygıtların hizmet alanı kastedilmektedir.

2. Algılayıcılar ve TAA

Algılayıcılar, basınç, sıcaklık, nem, ışık, ses ve hareket gibi ölçülebilir birçok unsorda meydana gelen değişimleri algılayabilirler. Aynı türden algılayıcılar kullanılarak homojen bir TAA oluşturulabileceği gibi, farklı algılama türlerine sahip algılayıcılardan oluşan heterojen bir TAA da oluşturmak mümkündür. Bu tür ağlar temel olarak bir grup algılayıcı ile bu algılayıcıların ilettikleri

verileri toparlayan düğüm istasyonlarından oluşmaktadır. Algılayıcılar enerjilerini üzerlerine yerleştirilmiş bataryalarından aldıkları için kısıtlı ömre sahip olan telsiz iletişim cihazlarıdır [11, 12]. Herhangi bir telli bağlantı yapılmaksızın, algılayıcı birimler hizmet edecekleri ortama rasgele saçılırlar ve işbirliği içerisinde çalışırlar. Bir algılayıcı, ağ içerisinde hareketli ya da sabit olarak hizmet verebilmektedir. Dolayısıyla ağ elemanları kendi aralarında sürekli iletişim halindedirler [11, 12]. En basit haliyle bir algılayıcı sadece dönüştürücü içerir, fakat düğümlere algılama ve iletişim görevi birlikte yüklendiğinden bilgi işleme, hesaplama ve verici-alıcı üniteleri de eklenir [13].

3. TAA' nın Medikal Uygulamaları

Medikal uygulamalarda tercih edilen TAA' nın temelde biyolojik TAA ve Telsiz Vücut Alanı Algılayıcı Ağlar (TVAA) olmak üzere iki temel türü vardır. Bunlar, biyoteleometri, e-sağlık, m-sağlık gibi çeşitli uygulamalarda kullanılırlar.

TVAA hastanın hayati vücut belirtilerinin izlenmesi ve elde edilen verilerin iletilmesi için kıyafete ya da doğrudan vücut yüzeyine (girişimsel olmayan) ya da vücut içine yerleştirilmiş (girişimsel tıbbi cihazlar), yardımcı cihaz niteliği taşıyan algılayıcıların oluşturduğu ağlardır. Bu tür ağlar, hastaya verilen ilaç ya da ilaçların hasta üzerindeki etkilerinin incelenmesi, takip altındaki hastaların fizyolojik ve biyolojik parametrelerinin kaydedilmesi ve görüntülenmesi gibi, ev ya da hastane içindeki kısa menzilli sağlık hizmetleri için kullanıma potansiyeline sahiptirler.

Daha çok ayakta tedavi amacıyla kullanılan TAA ise, hastadan toplanan biyometrik verilerin kümelenmesi ve işlenmesi için uzakta yer alan sağlık hizmeti birimine ve/veya daha yüksek düzeyde bir denetleyiciye ve verileri iletmek için kullanılırlar. Bunun dışında, e-sağlık (elektronik sağlık) ve m-sağlık (mobil sağlık) uygulamaları için de TAA' nın kullanımı mümkündür [14,15]. Biyolojik TAA, biyokimyasal süreçleri izlemek ya da kontrol etmek amacıyla, bu türden reaksiyonlara cevaben oluşan elektriksel sinyalleri algılayabilen, vücut içi ya da dışına yerleştirilen biyoalgılayıcılardan oluşur.

Hayati bulguları izleme uygulaması olarak, sürekli ve olay tabanlı hayati bulguların ve biyosinyallerin güvenli, eş zamanlı ve düşük güçlü kablosuz iletimini hedefleyen [16]'daki çalışmada, profilaksi ve kalp-damar hastalıkları rehabilitasyonu için kullanılan, EKG (electrocardiogram), PPG (photoplethysmogram) ve PCG (phonocardiography) ölçümlerini yapabilen bir KVAA uygulaması önerilmiştir. [17]'de geceleri yatakta, arteriyel kan basıncının kolluksuz ve

sürekli tahmini için yeni bir temassız sistem önerilmiştir. Sonuçlar, önerilen sistemin temassız sistemle mukayese edilebilir bir doğruluğa sahip olduğunu ve hastanın sırtından elde edilen EKG ve PPG verilerinin kalitesinin, kan basıncı ölçümü için sağlam bir nabız varış zamanı tahmin etmede çoğu zaman yeterli olduğunu göstermiştir. [18]'de, hasta spor faaliyeti içerisindeyken bile kalp atış hızının izlendiği gerçek zamanlı tıbbi bir TAA önerilmiştir. [19]'da giyilebilir, ultra-düşük güç tüketimli ve uzaktaki izleme istasyonuna veri yollayabilen bir EKG plasteri sunulmuştur. Daha uzak mesafelere iletim yapabilen ve sağlık personeli için hastanın vücut sıcaklığını, kalp atışını ve kan basıncını izlenebilir kılan bir sağlık izleme sistemi de [20]'de önerilmiştir. Önerilen bu sistemi bir hastaneye hizmet verebilecek şekilde genişletmek mümkündür. [21]'de TAA kullanan, devamlı, invaziv olmayan, manşetsiz olarak kan basıncını, nabız hızını ve vücut ısısını izleyebilen, bunlar makul aralıkların dışına çıktığında uyarı veren bir sistem önerilmiştir. Taşınabilir olan bu sistemin güvenli, doğruluğu kabul edilebilir, kullanıcı dostu ve düşük maliyetli olduğu söylenebilir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de TVAA ve biyolojik TAA' nın çeşitli uygulamaları mevcuttur [22,23].

Literatürde e-sağlık ve m-sağlık uygulaması kapsamında değerlendirilebilecek çalışmalar da mevcuttur. [24]'de kablosuz algılayıcıları, IP kameraları, akıllı telefonları ve web sunucularını kullanan uzaktan sağlık izleme için kişiselleştirilmiş akıllı ev bakım sisteminin bir modelini (prototype) geliştirdi. Özellikle düşmeye meyilli olan ve/veya fazla kilosunu taşıyan kişilere 7/24 özel sağlık izleme hizmeti sunan sistemin, aynı zamanda, acil durumlarda otomatik olarak dışarıdan yardım araması için dâhili acil durum ve konum tespit etme fonksiyonları da vardır. [25]'de, temel hedefi acil müdahale ekiplerinin yeteneklerini geliştirmek, bakıcılar arasında sorunsuz veri transferini sağlamak ve hastane kaynaklarının etkin tahsisini kolaylaştırmak olan, çok yoğun ağlara ölçeklendirilebilen ve değişken ağ koşullarına uyum sağlayabilen, düşük güç tüketimli, telsiz algılayıcıları, PDA (Personal Digital Assistant)' lar ve PC (Personal Computer) türü sistemleri tümleştiren ve acil tıbbi bakım kurulumu için tasarlanmış olan CodeBlue adında telsiz bir altyapı sunulmuştur. [26]'da ise, gerçek zamanlı veri akışı ile uzun süreli ayakta tedavi ve sağlık izlemesi için tasarlanmış giyilebilir bir platform olan LiveNet sunulmuştur.

Sonuç olarak, medikal alanda TAA' nın geniş bir uygulama sahası mevcuttur ve sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi için birçok potansiyele de sahiptir. Daha geniş bir uygulama literatürüne ve TAA' nın medikal uygulamalarında karşılaşılan zorluklara

[27]' den ulaşılabilir. Günümüzde oldukça gelişmiş düzeydeki medikal teknolojiler, daha çok verinin, daha hızlı bir biçimde, daha uzak mesafelere iletilmesi ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde değildir. Makul düzeyde değişiklikler yaparak mevcut hücresel ağ altyapısını kullanan TAA' nın daha fazla kapasiteye ve menzile sahip medikal uygulamalarda kullanılması mümkün kılınabilir. Bu amaçla, merkez hücresel ağa bağlı olan çok küçük kapsama alanlarına sahip hücresel TAA' dan faydalanılabilir. Aşağıda böyle bir ağ yapısının oluşturulmasına imkân verecek bir öneride bulunulmuştur.

4. Küçük Hücre Oluşumlu TAA

Cep telefonunun mucidi olan Martin Cooper' a göre, telsiz ağda veri hızı 104 yıldır her 30 ayda bir ikiye katlanmaktadır. Bu da, 1957¹ yılından bu yana 12,7 milyon kat hız artışı olduğu anlamına gelmektedir. Daha geniş spektrum kullanarak 25 kat, spektrumu daha küçük dilimlere ayırarak 5 kat, daha iyi modülasyon teknikleri kullanarak bir 5 kat daha ve hücre boyutlarını küçülterek de 1600 kat iyileştirme sağlanarak bu kadar yüksek artışlar elde edilebilmektedir. Küçük hücreler lisanslı bantta çalışan kablosuz altyapı ekipmanları olarak tanımlanırlar.

Hücresel ağlarda karşılaşılan iki temel problem vardır:

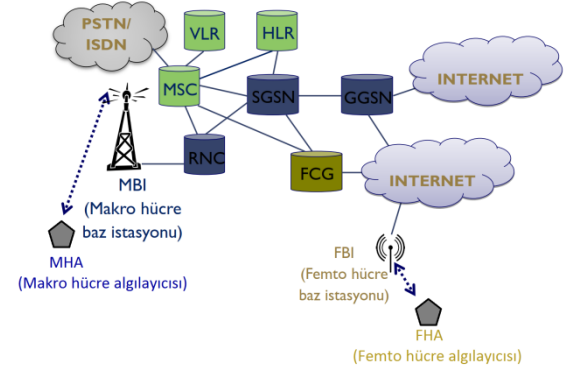
1. Özellikle yüksek trafikli kalabalık alanlarda ağa erişimde yaşanan tıkanıklık²
2. Bina içi ve kırsal alan iletişimde yaşanan düşük kapsama alanı

Baz istasyonu başına kapsama alanını azaltarak ağı kapasitesini artırmak ve mümkün olduğunda, trafiği yönlendirmek için mevcut telli ana ağı kullanmak bu sorunları çözecektir. Bu iki çözüm hücre boyutlarını küçülterek sağlanabilir. Hücre boyutlarının küçültülmesi yönündeki en son gelişmelerden sonra, femto hücre boyutlarına inilmiştir. Femto hücreler özellikle bireysel ya da kurumsal ortamlarda kullanılan, 4 ya da 5 kullanıcıya kadar hizmet sunabilen, 20m' den az kapsama alanına sahip ve 40-50 mW düzeylerinde güç tüketen hücrelerdir. Femto hücreler, daha iyi bina içi ses ve veri alımı için, düşük maliyetli, kısa menzilli, az güç tüketen ve kullanıcı tarafından kurulumu kolayca yapılabilecek ev tipi baz istasyonları tarafından oluşturulan bir hücre türüdür. Diğer kullanıcılarla taşıyıcı frekanslarını kullanarak haberleşen ev tipi baz istasyonu

¹ Sovyetler' in ilk yapay dünya uydusunu fırlattıkları bu tarih genellikle günümüz anlamındaki telsiz ağların başlangıç yılı olarak alınır.

² Trafik %70' i bina içi iletişim kaynağıdır.

niteliğindeki bu aygıtlar, hücresel ağla olan iletişimlerini ise, sayısal abone hattı, kablolu modem ya da başka bir geniş bant radyo frekans kanalı üzerinden sağlarlar. Şekil 1' de femto hücreli bir ağ yapısı gösterilmektedir.



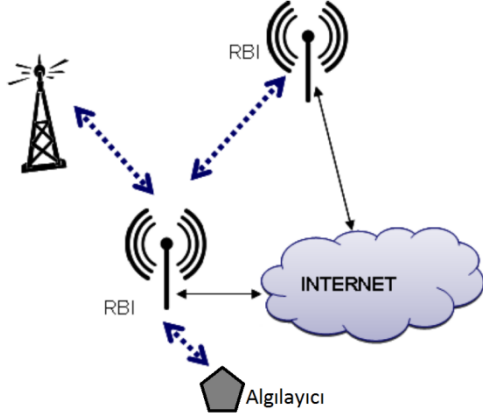
Şekil 1: Femto hücrelerin kullanıldığı ağ yapısı

Veri ağları daha yüksek veri hızları sağlamak için yüksek sinyal kalitesine ihtiyaç duyarlar. Femto aygıtların kullanımı özellikle veri iletimi açısından kullanıcılarına daha iyi bir hizmet kalitesi sunarken makro hücre ağlarındaki trafik yoğunluğunu da önemli miktarda azaltır. Ancak, femto hücrelerin kullanımında yaşanan bir takım sorunlar mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Çekirdek ağda standartlarda tanımlanmış sunucuların bulunma zorunluluğu
2. Femto hücrelerin kullanıcılar tarafından sahiplenilmeleri nedeniyle servis sunucuları tarafından idare edilememesi
3. Kendi kendini organize ederek çalışma gerekliliği
4. Yakın alanlarda konumlanmış femto hücrelerin birbirleriyle ve makro hücrelerle arasında oluşacak girişim problemleri (Femto hücrelerin kullanımının yaygınlaşmamasının en büyük nedeni! Çözüm için önerilmiş çeşitli yaklaşımlar var, ancak genelde çözülememiş bir sorun.)

Femto aygıtlara baz istasyonu ve röleleme özellikleri eklenerek Rölelemeli Baz İstasyonu (RBI) gibi çalışmaları sağlanırsa, yukarıdaki sorunlar çözülerek, femto hücrelerin avantajlarından faydalanılabilir (Bknz. Şekil 2). Mevcut hücresel sistemin altyapısında hiçbir değişiklik gerektirmeyecek olan bu yapı sayesinde, bir RBI diğer RBI'larla ve/veya makro baz istasyonu ile taşıyıcı frekanslarını kullanarak haberleşebilecektir. Üstelik bir hücre kapsama alanında hizmet verilebilecek kullanıcı sayısı ve taşınabilecek veri trafiği önemli miktarda artacaktır. Algılayıcılar kendi baz istasyonlarına yakın olduklarında, iletişim kanalının kalitesi artacağı için daha yüksek seviyeli modülasyon teknikleriyle

iletilebilecek veri miktarında ciddi bir artış sağlanabilecektir. Ayrıca, piko ve mikro hücreler gibi alternatifleri ile karşılaştırıldığında, önerilen RBI kontrollü hücrelerin planlaması, konuşlandırılması ve yönetilmesi çok daha ucuza malolacaktır.



Şekil 2: RBI kontrollü hücrenin ağ içindeki görünümü

Önerilen bu telsiz algılayıcı ağına bağlı olacak algılayıcılar ile daha fazla veri iletilebilecek ve hizmet alacak kullanıcı sayısı artırılabilecektir. Bunun yanında, algılayıcıların topladığı ve/veya işlediği verileri daha uzun mesafeli hedef noktalara ulaştırmak mümkün olacaktır. Örneğin, yatarak hasta tedavi eden büyük sağlık merkezlerinde 4 ya da 5 hastaya tek bir RBI ile hizmet verilebilir, yüksek hızda veri alış verişi yapmak mümkün olabilir. Ya da huzur evi gibi kalabalık merkezlerde yaşayan ve kronik hastalığı bulunan gözetim altındaki hastaların verilerinin daha hızlı ve daha yüksek kalitede ilgili merkezlere iletimi yapılabilir. Veyahut birkaç sağlık merkezi ile işbirliği yapılarak gerçekleştirilecek operasyonlarda eş zamanlı ve yüksek kaliteli veri paylaşımı sağlanabilir. Bunların dışında, e-sağlık ya da m-sağlık hizmetleri önerilen bu yapı sayesinde, esnek ve verimli hale getirilebilir.

5. Sonuç

Medikal uygulamalarda telsiz iletişim teknolojilerinin kullanılmasındaki amaç, gelişen iletişim ve bilgi teknolojilerini faydalarını birleştirerek, sağlık hizmetlerinin gerektiğinde hızlı ve kaliteli bir şekilde sunulmasını sağlamaktır. Bu bildiride, sözü edilen teknolojilerin medikal uygulamalardaki yerinin incelendiği örnek çalışmalar verilmiş ve küçük hücre oluşumlu bir TAA önerilerek, medikal uygulamalarda kullanılabilirliği ifade edilmiştir.

Medikal alanda TAA'nın geniş bir uygulama sahasının mevcut olduğu ve sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi için birçok potansiyele de sahip olduğu görülmüştür. Önerilen hücresel TAA yapısı sayesinde iletilebilecek veri miktarını ve hizmet

sunulacak kullanıcı sayısını artırmanın ve algılayıcıların topladığı ve/veya işlediği verileri daha uzun mesafeli hedef noktalara ulaştırmanın mümkün olduğu açıklanmıştır. Bu yapıda, kullanıcılar ile bağlı oldukları RBI arasındaki mesafe kısa olacağı için girişimin etkisi göreceli olarak azalacaktır. Diğer yandan, RBI sayısı ve bunlara bağlı kullanıcı sayısı girişim sorununu yaratan kaynaklarda artışa neden olacaktır. Ancak, kullanıcı kaynaklı girişim sınırlanacaktır.

6. Kaynaklar

[1] Zach S., 'Telemedicine overview and summary' Nineteenth Convention of the IEEE, Jerusalem, Israel, 409-412, 1996.

[2] Kyriacou E., Pavlopoulos S., Koutsouris D., 'Multipurpose Health Care Telemedicine System', Proceeding of the 23rd Annual EMBS International Conference of the IEEE, Istanbul, Turkey, 3544-3547, 2001.

[3] Perednia DA., 'Telemedicine technology and clinical applications' JAMA-1995, 273(6):83-488, 1995.

[5] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Population Ageing: 1950-2050", UN World Assembly on Ageing Report, <http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/>, 2002, 13/05/2013.

[6] National Institute on Aging, National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services, and World Health Organization, "Global Health and Aging", NIH Publication No. 11-7737.

[7] J. A. Stankovic, Q. Cao, T. Doan, L. Fang, Z. He, R. Kiran, S. Lin, S. Son, R. Stoleru, A. Wood, "Wireless sensor networks for in-home healthcare: potential and challenges", High Confidence Medical Device Software and Systems (HCMDSS) Workshop, Philadelphia, PA, 2005.

[8] Baohua W, Chenghua W, Guoxing Y. The infrared telemetry of multichannel physiological signals, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2444-2445, 1992.

[9] Shimzu K, Matsuda S, Miyayama T, Yamamoto K. Optical biotelemetry in moving vehicles, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 579-582, 1994.

[10] Park J, Son J, Seo H, Ishida. 4 subject 4 channel optical telemetry system for use in Electrocardiograms, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 251-254, 1998.

- [11] Akyıldız, I. F., Su. W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., "Wireless Sensor Networks" A Survey Elsevier Computer Networks, 2002.
- [12] Pathan, A. S. K., Hyung-Woo, L., Choong, S. H., "Security in Wireless Sensor Networks: issues and challenges", The 8th International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT, Cilt 2, 20-22, 2006.
- [13] Freng, J., Koushanfar, F., Potkonjak, M., "Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems-Sensor Network Architecture", ISBN 9780849319686, CRC Press, 2004.
- [14] J. Sliwa, E. Benoist, "Wireless sensor and actor networks: e-Health, e-Science, e-Decisions", International Conference on Selected Topics in Mobile and Wireless Networking (iCOST), Shanghai, 1-6, 2011.
- [15] S. Bao, K. Hung, Y. T. Zhang, "Mobile Health: Wireless Body Sensor Network Integration", Encyclopedia of Wireless and Mobile Communications, Taylor and Francis, New York, 707-717, 2008.
- [16] A. Volmer, R. Orglmeister, "Wireless Body Sensor Network for low-power motion-tolerant synchronized vital sign measurement", 30th IEEE Annual International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Vancouver, 3422-3425, 2008.
- [17] W. B. Gu, C. C. Y. Poon, H. K. Leung, M. Y. Sy, M. Y. M. Wong, Y. T. Zhang, "A novel method for the contactless and continuous measurement of arterial blood pressure on a sleeping bed", IEEE Annual International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Minneapolis, MN, 6084-6086, 2009.
- [18] G. Hui, "Real-time human heart rate monitoring using a wireless sensor network based on stochastic resonance", International Conference on E-Health Networking, Digital Ecosystems and Technologies (EDT), Shenzhen, 1, 15-18, 2010.
- [19] D. R. Zhang, C. J. Deepu, Y. X. Xiao, L. Yong, "A wireless ecg plaster for real-time cardiac health monitoring in body sensor networks", IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS), Hsinchu, 205-208, 2011.
- [20] B. Vijayalakshmi, R. C. Kumar, "Patient monitoring system using Wireless Sensor based Mesh Network", Third International Conference on Computing Communication & Networking Technologies (ICCCNT), Tamilnadu, 1-6, 2012.
- [21] M. M. Islam, F. H. M. Rafi, M. Ahmad, A. F. Mitul, T. M. N. T. Mansur, M. A. Rashid, "Microcontroller based health care monitoring system using sensor network", 7th International Conference on Electrical & Computer Engineering (ICECE), Dhaka, 272-275, 2012.
- [22] Bekçiabaşı, U., "Kablosuz Algılayıcı Ağ Kullanarak Gemiler İçin Geliştirilen Bir Acil Durum Tespit ve Kurtarma Sistemi", Akademik Bilişim 2010, Muğla, 2010.
- [23] Türker, G.F., "Kalp Atışının Sezilmesi ve Alınan Sinyalin Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile İletimi", Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2010.
- [24] P. Leijdekkers, V. Gay, E. Lawrence, "Smart Homecare System for Health Tele-monitoring", 1st International Conference on Digital Society (ICDS), Guadeloupe, 3-6, 2007.
- [25] D. Malan, T. F. Jones, M. Welsh, S. Moulton, "Codeblue: An ad-hoc sensor network infrastructure for emergency medical care", Proceedings of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, London, 2004.
- [26] M. Sung, C. Marci, A. Pentland, "Wearable feedback systems for rehabilitation", Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2(17), 2005.
- [27] Selma D., Suat Ö., "Sağlık Hizmetleri Sektöründe Kablosuz Algılayıcı Ağlar", Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 2, 7-19, Mayıs 2014.